

# 地域企業の技術者を対象とする 振動の体系的リカレント教育

岡山大学産学官融合センター 客員教授 古池 治孝

## 1. はじめに

最近、企業内の技術伝承が話題です。リストラ、成果主義の業績評価、その他にも企業および企業の若い技術者にとって、必要な技術をきちんと伝えてくれる先輩たちがいない・少ないなどの逆境が続いています。また、従来の社内教育の場も少なくなってきました。しかし、新製品開発や機器の安全な運転には、従来の技術の体系化が必要ですし、新しい知見にも対処しなければなりません。

企業の技術者の置かれたこのような環境に対して、現在、日本の各地域で大いに期待されているのが大学の産学との結びつき、とりわけ地域の企業の技術者教育の取り組みです。

大学における教育プログラムは、従来は短期間、例えば1 / 4年間から1年間の期間で基礎的な事項を習得させるもので、次々に入学してくる新しい学生に対応すればよかったです。そして、学生は研究の方法も含めて広い意味で教育を受けることが、今も変わらない本分です。

ところが、企業の技術者は、長期間にわたって個別の業務に従事しながら、必要な教育を効率的に受けなければなりません。このため、企業の技術者への教育は、長期間にわたって、基礎、応用、製品への適用などのステップを体系的にしかも繰り返して行う必要があります。

以上のような観点で、産学官融合センターでは、地元企業技術者からニーズが高い「振動」を対象を絞って、これまでの地域の技術者への研修の経験を踏まえ、平成17年度からリカレント教育を行うことを提案しています。

## 2. 振動制御技術ポテンシャルの必要性

企業の製品開発において、真っ先に追求されるのが機能、性能、強度であり、多くの場合ではそれらが成就されて初めて「振動」の問題に吟味の目が届きます。技術者にとって、振動技術に関するポテンシャルが高くない場合は特にそうなりがちです。

しかし、どんなに機能が良い製品であっても、振動が大きければ苦情となりますし、それよりも、振動が大きいが為に性能が達せられなくなったり、運転ができなかったり、多くの問題が生じます。いずれも製品競争力を低下させてしまう重大な問題です。このような問題は、実はあらゆる機械に生じ、これをなくすためには、製品設計時からの振動検討（振動設計）がどうしても必要になります。

しかも、**図1**に示すように、振動理論だけでは解決できず、振動関連の計測技術、試験技術、シミュレーション技術、振動制御（制振）技術のみならず、潤滑、流体、熱、材料などのポテンシャル、さらにこれらを実際の製品にどのように適用するのかというノウハウも必要となってきます。

## 3. 振動の体系的リカレント教育の内容

平成15年度に古池がセンターに赴任以来の2年間で、振動セミナーや高度技術研修を行いつつ、様々な振動教育の試みを行い、基礎、応用、製品への適用、実習など体系的なカリキュラムを作成してきました。これらのカリキュラムを行った経験から、1年間で一通りの振動解決技術を身につけていただくことを目標に、以下の教育、研修を構成しました。

### 振動基礎理論と製品への適用（トラブルシューティングの考え方）

#### 振動計測の基礎（計測研修付き）

#### 振動試験の基礎（振動試験の研修付き）

#### 回転機械ロータの振動（研修付き）

受講者は通年で開講する全コースに参加することで、一通りの振動解決技術を修得していただきます。以後は、年々新しい知見を加えつつ、この基本プログラムを繰り返します。

（各コースは一日単位としてあるので、必要に応じて、年間で数回実施することも可能です。）

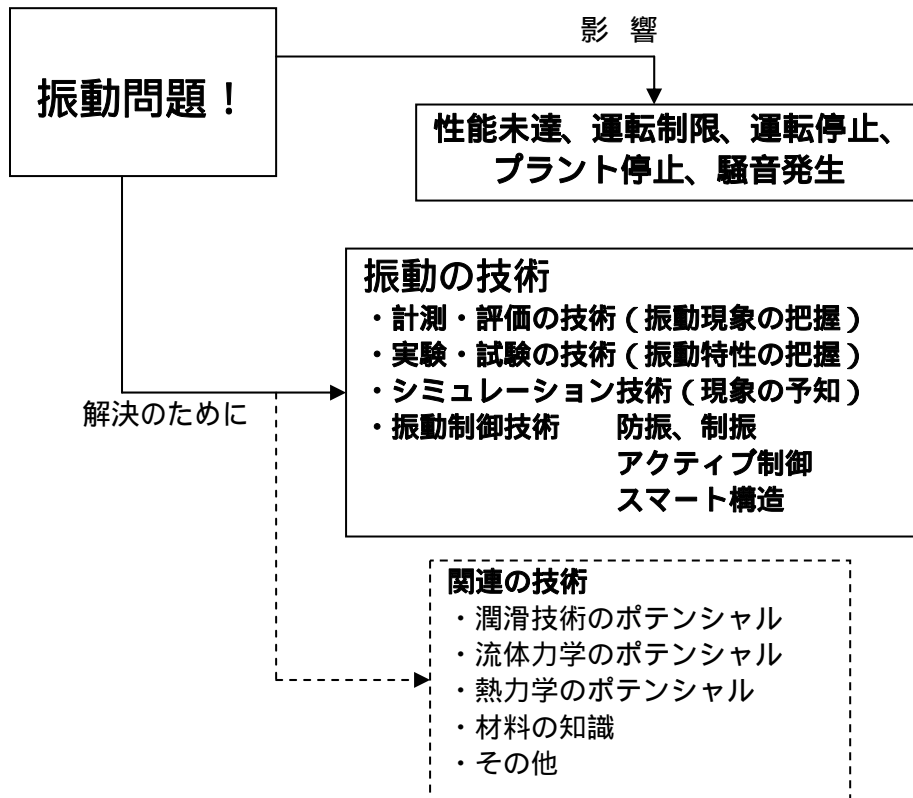


図1 振動問題解決のために必要な技術

### 3.1 振動基礎理論と製品への適用（トラブルシューティングの考え方）

大学の振動工学で教授する基礎理論は多岐に渡ります。しかし、基礎理論の教育は大学の学部や大学院にまかせればよく、製品の振動設計や振動トラブルの解決のためには、技術者をすべて振動の専門家にする必要はありません。基礎理論は習得すべき必要不可欠な事項のみを抽出し、それらの【理論を製品に適用する際の考え方】を習得できるようにしています。つまり、考え方そのものがトラブルシューティングの一部になるわけです。

図2および図3は、平成15年度の研修における内容の一部と研修の様子で、研修後のアンケートの一部も掲げています。

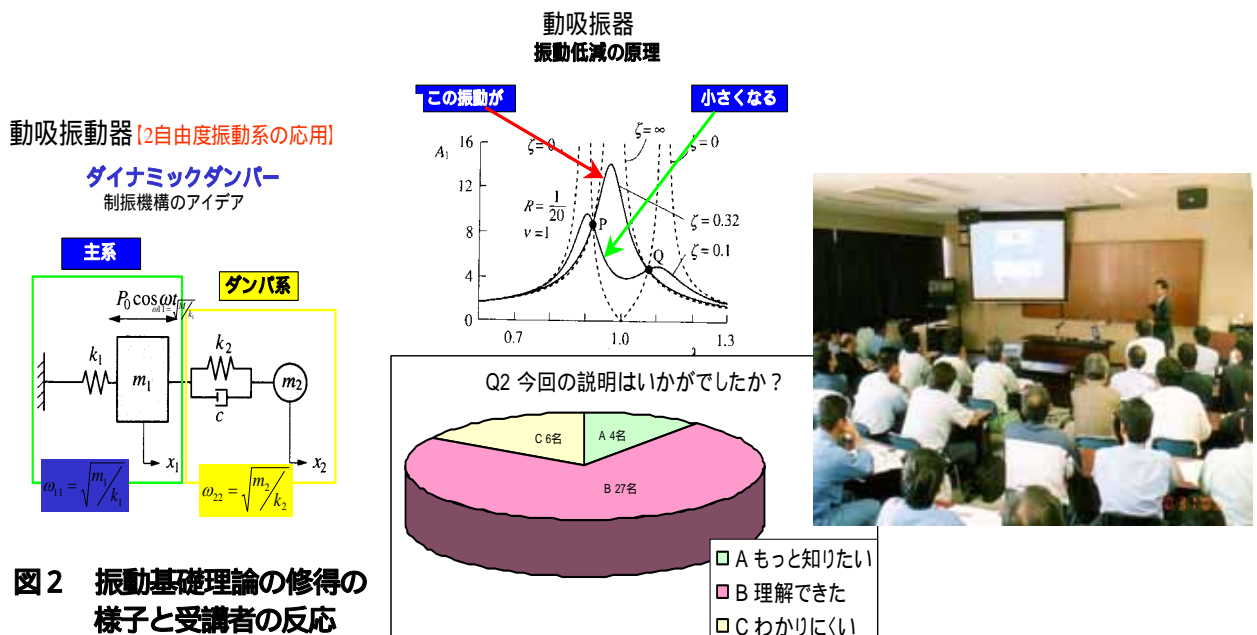


図2 振動基礎理論の修得の様子と受講者の反応



図3 トラブルシューティングの討論

### 3.2 振動計測の基礎（計測研修付き）

機器の振動現象を把握するためには、振動を測定しなければなりません。振動計があれば誰でも振動を測定できるわけではなく、振動計の知識と取扱いのノウハウの他に、測定対象とする機器のどこを測ればいいのかなどの『かんどころ』を身に付けなければなりません。

ここでは、試験装置を動かし、ハンディー振動計を用いた計測の実習を通じて、振動計測の研修を行っています。

図4に示すのは、実習の様子です。

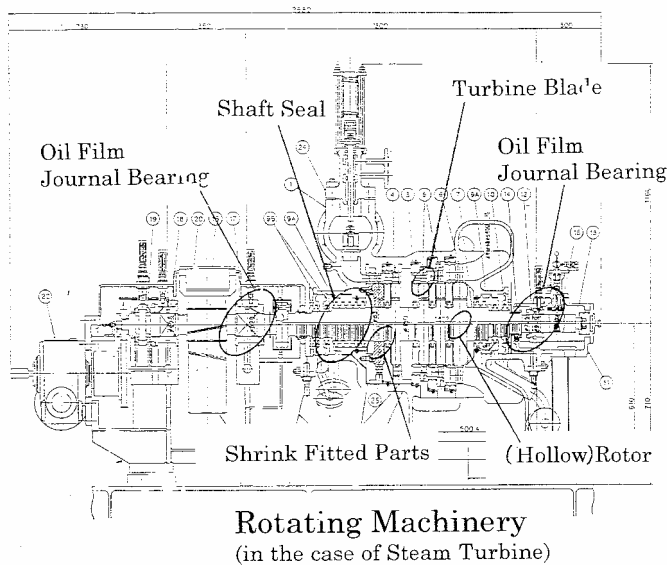


図4 振動計測の実習



### 3.3 振動試験の基礎（振動試験の研修付き）

機器の振動に対処するためには、積極的に機器に刺激を与え、その挙動をとらえ、基本的な振動特性を把握することが重要である。最近では、高価で手間のかかる振動加振機を使うことより、図5に示すように、最新のデジタル技術を駆使して加振実験を行う『インパクト加振』がよく用いられます。

研修では、このインパクト加振技術のバックグラウンドに関する講義と測定実習を通じて、その技術を修得していただきます。

図6は、センターで行った加実験の実習の様子を示しています。

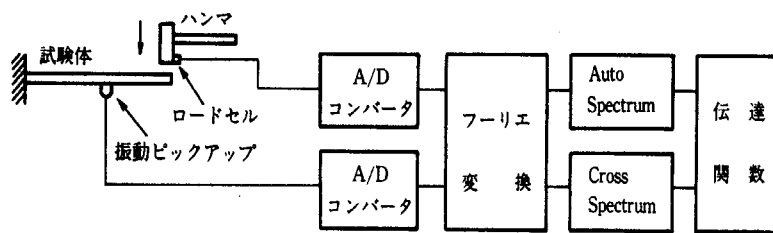


図5 振動試験のブロックダイアグラム

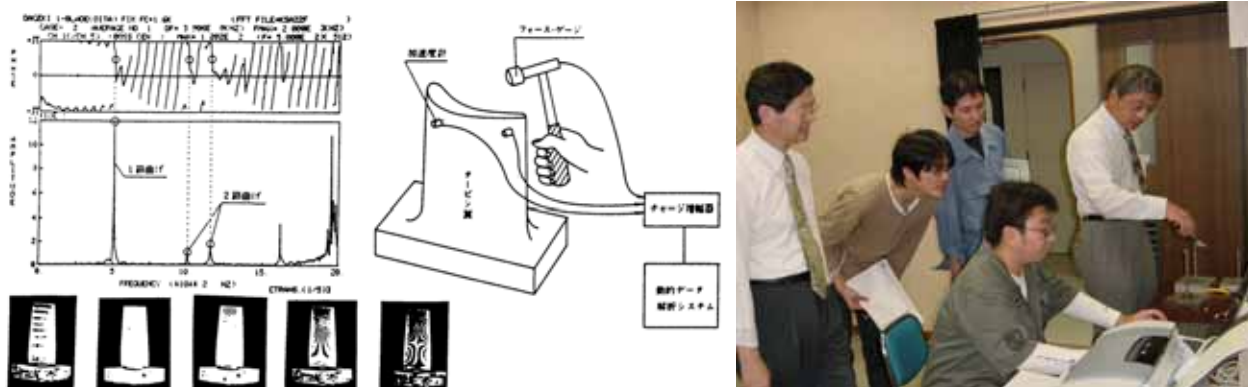


図6 インパクト加振実験の実際

### 3.4 回転機械ロータの振動（研修付き）

機器の振動のうちでも、回転機械のロータの振動は、一般の構造物の振動とは異なり、解析がかなり困難です。図7に示すように、どのようなロータであっても、振動方程式はおなじみの式になります。しかし、ロータが自転していることで、「ふれまわり」という複雑な振動形態となります。これを十分理解しないとロータの振動に対処することができません。

また、図8に示すような、回転機械のトラブルシューティングにも、以上のことを考慮して対応する必要があります。図9は、負荷の変動に対し、思いもよらぬ振動が発生した例です。

このような事例を理解させることで、回転機械の振動問題を把握し、企業の技術者が直面している問題対応能力を養成します。

なお、ここでは、模型のロータを用いて実機相当の振動現象を再現し、計測による現象把握や対応法を習得していただきます。

## 回転機械のロータの振動




$$M\ddot{Z} + C\dot{Z} + KZ = F$$

## 回転機械の振動トラブルシューティング

1. 回転機械のロータ振動の特徴
2. 回転機械のロータ振動への影響因子と振動の分類
3. ロータ・軸受系の振動現象
4. 強制振動の例
5. 自励振動の例
6. 振動診断の手順
7. 振動対策
8. 振動改善事例データベースから

図8 回転機械のトラブルシューティング

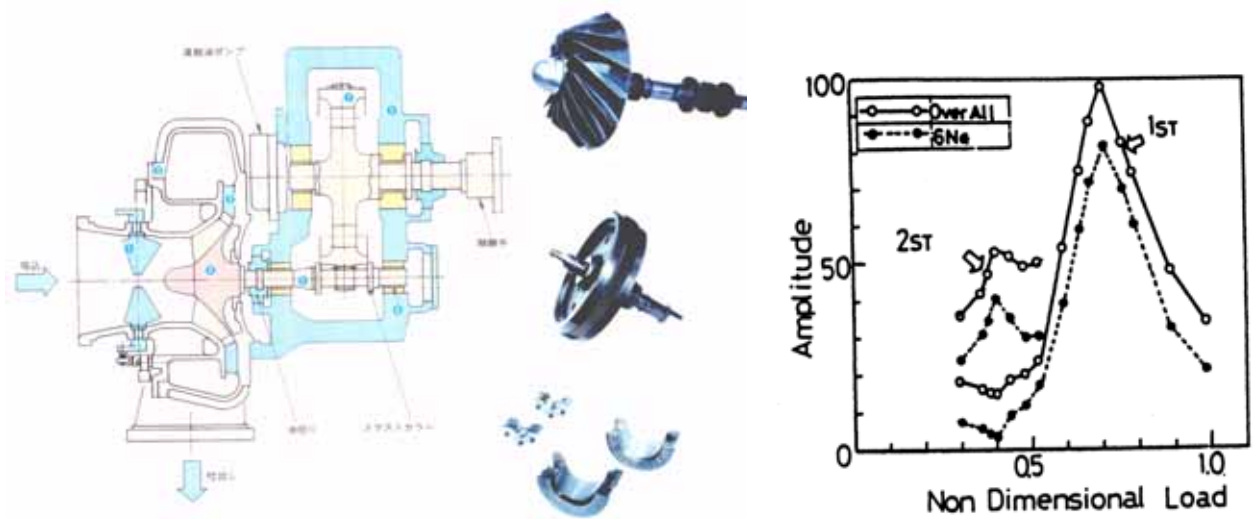


図9 小型遠心圧縮機の振動過大

#### 4. 教育のカリキュラムとスケジュール

回数	内容、開催日時
第1回	振動基礎理論と製品への適用（トラブルシューティングの考え方） 平成17年10月5日（水） 10:30～17:00
第2回	振動計測の基礎（計測研修付き） 平成17年10月27日（木） 10:30～17:00
第3回	振動試験の基礎（振動試験の研修付き） 平成17年12月16日（金） 10:30～17:00
第4回	回転機械ロータの振動（研修付き） 平成18年1月24日（火） 10:20～17:00

カリキュラム（開催プログラム）を別紙1～4に示します。

#### 5. 振動技術懇談会

どんなにいい研修を受けても、活用しなければ知識は錆びてしまいます。そのために、平成17年度から、現場に役立つ振動トラブルシューティングに関する知見と能力を高め、気軽に参加できる雰囲気をもつ「技術サロン」を目指し、「振動技術懇談会」（別紙5）を立ち上げます。ここでの主役は皆様方 企業の技術者であり、参加者同士のケーススタディー発表を通じた、実践的な問題解決の場の確立を狙っています。

#### 6. おわりに

「振動技術懇談会」のみならず、上記に述べた研修に関しても、大学や研究所からの最新技術で随時アップデートし、ポテンシャルアップすることも必要です。

平成17年度からの新しい企業技術者向け、「振動のリカレント教育（研修）」にご期待ください。

以上

お問合せ先

岡山大学産学官融合センター・事務室 担当：山口

Tel: 086-286-8002 Fax: 086-286-8007

E-mail: center@crc.okayama-u.ac.jp

## 岡山大学振動リカレント教育【その 〇】

## 『振動基礎理論と製品への適用』

(トラブルシューティングの考え方)

主 催：岡山大学地域共同研究センター

日 時：平成17年10月5日(水) 10:30～17:00

会 場：岡山大学地域共同研究センター 会議・研修室(2階)

協 賛：岡山県中小企業団体中央会、(財)岡山県産業振興財団、  
(社)岡山工業会、岡山リサーチパークインキュベーションセンター(ORIC)、  
岡山大学地域共同研究センター研究協力会

最近のあらゆる機器の高性能化に対応するために、機器の設計者や保全管理者は、常に「振動の問題」に直面し、高度な対応を要求されています。そして、機器の振動トラブル解決は、関係者の悩みの種とも言えます。

今回は、振動リカレント教育の最初として、振動の基本的事項を学んでいただき、これらを実際の製品の振動問題にどのように適用するかについて、理解していただくことを目的としています。

多くの方々のご参加を期待します。

## プログラム

時 間	題 目	講 習 概 要	講 師
10:30 ～10:40	岡山大学振動リカレント教育【その 〇】を開くにあたって		センター
10:40 ～12:10	機械振動の基礎	機械の振動トラブルの解決に必要な基本的な振動の知識と、それらを適用するにあたってのポイント、考え方、とらえ方を解説します。	古池 治孝 氏
12:10～13:20		(昼食)	
13:20 ～14:50	振動情報の抽出	計測器の仕組み、取扱いを簡単に説明します。また、計測された振動データから製品の振動問題に適用できるようなエッセンスを抽出するデータ処理方法を解説します。	
14:50～15:10		(コーヒープレーク)	
15:10 ～16:40	振動のトラブルへの適用	機械および構造物などの実製品に発生する「強制振動」や「自励振動」のトラブルの事例を取上げ、それらに振動の基礎知識をどのように適用するのかを説明します。その過程で、振動の調査、原因推定、対策など、トラブルシューティングの方法について解説します。	
16:40 ～17:00	全体の質疑・応答		

講 師 古池 治孝 氏：岡山大学地域共同研究センター 客員教授

定 員：30名（聴講無料、定員になり次第締め切ります）

申込先：岡山大学地域共同研究センター・事務室（担当：山口）

e-mail：center@crc.okayama-u.ac.jp

申込方法：e-mailまたはFAXで、以下を記入して、お送り下さい。

所属機関、企業名 氏名 所属部署、職位 連絡先(住所、電話、FAX、e-mail)

締 切：9月29日(木) [締切り後のお申込みは上記にご連絡下さい]

## 岡山大学振動リカレント教育【その Ⅰ】

## 『振動計測の基礎（計測研修付き）』

主 催：岡山大学地域共同研究センター  
 日 時：平成17年10月27日（木） 10:30～17:00  
 会 場：岡山大学地域共同研究センター 会議・研修室（2階）

協 賛：岡山県中小企業団体中央会、（財）岡山県産業振興財団、  
 （社）岡山工業会、岡山リサーチパークインキュベーションセンター（ORIC）、  
 岡山大学地域共同研究センター研究協力会

最近では、あらゆる機器が高性能化し、取扱いが難しくなり、機器の設計者や維持管理者は、それらの機器に対する高度な対応を要求されています。その一方で、機器の振動トラブルは相変わらず発生し、関係者が迅速に対応せねばならない場も増えています。

今回は、振動リカレント教育の一環として、振動計測の基本的事項を学んでいただき、振動の諸問題に対応するための振動計測への対応を、講義と計測の実習を通じて体得していただきます。

設計やメンテナンスに係わる、地元の機械技術者の多くの方々のご参加を期待します。

## プログラム

時 間	題 目	講 習 概 要	講 師
10:30 ～10:40	岡山大学振動リカレント教育【その Ⅰ】を開くにあたって		センター
10:40 ～12:10	振動計測の基礎	振動計測、データ処理の原理、方法、最終のアウトプットなど、計測を計画、準備、実行するに当たっての基本的な知識を解説します。また、計測に必ずといってよいほど付随してくる「振動試験」についても紹介します。	古池 治孝 氏
12:10～13:20		(昼食)	
13:20 ～14:50	振動計測とデータ解析の方法	機械や構造物の振動を計測する種々の方法を紹介し、実際の計測例を示すことによって、振動データの収集方法、得られたデータの処理、解析方法をわかりやすく解説します。	
14:50～15:00		(コーヒープレーク)	
15:00 ～16:50	振動計測の研修	「加速度センサー」およびその「専用アンプ」の実製品を対象に、計測器の仕組み、取り扱いを説明する。さらに、実習用機器を持ち込み、センサーをセットしてデータの収集、データの処理を受講者に試行してもらうことによって、センサー、専用アンプ、解析器、表示装置など、一連の計測機器の取扱い方法を体得していただきます。	小村 英智 氏
16:50 ～17:00	全体の質疑・応答		全講師

講 師 古池 治孝 氏：岡山大学地域共同研究センター 客員教授  
 小村 英智 氏：3DIM技研

定 員：30名（聴講無料、定員になり次第締め切ります）

申込先：岡山大学地域共同研究センター・事務室（担当：山口）

e-mail：center@crc.okayama-u.ac.jp

申込方法：e-mail またはFAXで、以下を記入して、お送り下さい。

所属機関、企業名 氏名 所属部署、職位 連絡先（住所、電話、FAX、e-mail）

締 切：10月25日（火） [締切り後の申込みは上記に連絡下さい]

岡山大学振動リカレント教育【その 〇】

『振動試験の基礎（振動試験の研修付き）』

主 催：岡山大学地域共同研究センター  
 日 時：平成17年12月16日（金） 10：30～17：00  
 会 場：岡山大学地域共同研究センター 会議・研修室（2階）

協 賛：岡山県中小企業団体中央会、（財）岡山県産業振興財団、  
 （社）岡山工業会、岡山リサーチパークインキュベーションセンター（ORIC）、  
 岡山大学地域共同研究センター研究協力会

最近の機器の諸問題には、必ずといってよいほど振動が関与してきます。振動問題への対応の基本は、振動基礎理論を的確に適用すること、的確な実験、試験を併用することによって、対象の振動特性を正確に把握し、最適な対策をすることにあります。

今回は、振動リカレント教育の一環として、基礎理論、振動計測の技術を体得した皆さんに、振動試験と実験を理解し、実際に振動試験を研修することで、実際の製品に適用できる技術を身につけていただくことを目的としています。なお、最近の優れた電子技術を適用したアクティブな防振対策やスマート構造についての基本も解説します。

設計やメンテナンスに係わる地元の機械技術者の多くの方々の参加を期待します。

プログラム

時 間	題 目	講 習 概 要	講 師
10:30 ～10:40	岡山大学振動リカレント教育【その 〇】を開くにあたって		センター
10:40 ～12:10	振動試験の基本	機器の振動対策に必要な、基本的な振動特性を把握するための振動試験（加振実験）について、その原理、用いる装置、計測器や結果の評価法を解説します。	古池 治孝 氏
12:10～13:20		(昼食)	
13:20 ～14:50	加振試験の実習	複雑かつ高価な加振装置を使わずに、「簡便に実施できる衝撃加振試験」を、簡単な振動対象とインパルスハンマー、フォースゲージおよび振動計を用いて研修し、機器の取扱いを学んでいただきます。	小村 英智 氏
14:50～15:00		(コーヒープレーク)	
15:50 ～16:50	振動アクティブコントロールとスマート構造について	発生する振動力に対して、逆位相の力を加振することで制振する「アクティブコントロール」およびそれに関連した部材のスマート構造化について、デモを交えて判りやすく解説します。	安達 和彦 氏
16:50 ～17:00	全体の質疑・応答		全講師

講 師 古池 治孝 氏：岡山大学地域共同研究センター 客員教授  
 小村 英智 氏：3DIM技研 代 表  
 安達 和彦 氏：神戸大学工学部機械工学科 助教授

定 員：30名（聴講無料、定員になり次第締切ります）

申込先：岡山大学地域共同研究センター・事務室（担当：山口）

e-mail：center@crc.okayama-u.ac.jp

申込方法：e-mail またはFAXで、以下を を記入して、お送り下さい。

所属機関、企業名 氏名 所属部署、職位 連絡先（住所、電話、FAX、e-mail）

締 切：12月14日（水） [締切り後の申込みは上記に連絡下さい]

## 岡山大学振動リカレント教育【その Ⅰ】

## 『回転機械ロータの振動（研修付き）』

主 催：岡山大学地域共同研究センター

日 時：平成18年1月24日（火） 10:20～17:00

会 場：岡山大学地域共同研究センター 会議・研修室（2階）

協 賛：岡山県中小企業団体中央会、（財）岡山県産業振興財団、  
（社）岡山工業会、岡山里サーチパークインキュベーションセンター（ORIC）、  
岡山大学地域共同研究センター研究協力会

最近の回転機械の高性能化に対応するために、機器の設計者や保管管理者は、常に「振動の問題」に直面し、迅速かつ高度な対応を要求されています。そして、機器の振動設計や振動トラブル解決は、関係者の悩みの種とも言えます。

本教育は、振動リカレント教育の一環として、振動理論、振動計測、振動試験の技術を体得した方々に、より高度な対応が要求される回転機械のロータの振動についての知識やトラブルシューティングの方法を身につけてもらうことを目的としています。さらに、しんどうの改善策としてのつりあわせやロータの基本特性を求める加振試験についても、研修を通じて習得していただきます。

設計やメンテナンスに係わる地元の機械技術者の多くの方々の参加を期待します。

## プログラム

時 間	題 目	講 習 概 要	講 師
10:20 ～10:30	岡山大学振動リカレント教育【その Ⅰ】を開くにあたって		センター
10:30 ～12:00	ロータ振動の基礎	回転機械のロータの振動を考えるにあたって、検討に必要な基本的なロータ振動の知識と、それらを問題に適用するにあたってのポイント、考え方、とらえ方について解説します。	古池 治孝 氏
12:00～13:00		(昼食)	
13:00 ～15:00	ロータ振動の計測と加振実験、データ解析の方法	実験用のローターキットを用いて、軸受け振動および軸振動の計測及びデータ解析の手法を解説し、危険速度の評価や基本的なつりあわせ(バランシング)手法について研修を行います。 また、ロータの固有振動数を求めるインパクト加振を実習します。	奥屋 嗣之 氏 他
15:00～15:20		(コーヒープレーク)	
15:20 ～16:50	ロータの振動トラブルへの対応	回転機械の実機に発生する「強制振動」や「自動振動」のトラブルの事例を取上げ、それらに振動の基礎知識をどのように適用するかを説明します。それらを通じて、振動の調査、原因推定、対策など、トラブルシューティングの方法について解説します。	古池 治孝 氏
16:50 ～17:00	全体の質疑・応答		全講師

講 師 古池 治孝 氏：岡山大学地域共同研究センター 客員教授  
奥屋 嗣之 氏：新川センサテクノロジ（株） 技術顧問

定 員：40名（聴講無料、定員になり次第締め切ります）

申込先：岡山大学地域共同研究センター・事務室（担当：山口）

e-mail：center@crc.okayama-u.ac.jp

申込方法：e-mail またはFAXで、以下を を記入して、お送り下さい。

所属機関、企業名 氏名 所属部署、職位 連絡先（住所、電話、FAX、e-mail）

締 切：平成18年1月19日（木） [締切り後の申込みは上記に連絡下さい]

## 振動技術懇談会への参加募集（ご案内）

岡山大学産学官融合センターでは、岡山県下企業の技術者の皆さんに対して、振動関連ポテンシャルアップ、機器および製品に関する振動課題の解決能力向上を対象として、振動関連技術のリカレント教育コースを立ち上げます。

表1 振動リカレント教育の予定

第1回	振動基礎理論と製品への適用（トラブルシューティングの考え方） 平成17年10月5日（水） 10:30～17:00
第2回	振動計測の基礎（計測研修付き） 平成17年10月27日（木） 10:30～17:00
第3回	振動試験の基礎（振動試験の研修付き） 平成17年12月16日（金） 10:30～17:00
第4回	回転機械ロータの振動（研修付き） 平成18年1月24日（火） 10:20～17:00

詳細内容は、別紙1～4の教育プログラムをご参照ください

しかし、どんなに良い教育を受けても、知識を活用しなければ錆びてしまいます。そのために、振動技術を活用して、現場に役立つ振動課題解決に必要な知見と能力を高めることを目的として、気軽な雰囲気に参加できる「技術サロン」を目指し、「**振動技術懇談会**」を立ち上げます。ここでの主役は企業の技術者の皆さんであり、参加者同士の振動のみに関連したケーススタディー発表を通じた、実践的な問題解決の場の確立を狙っています。

懇談会の開催要領は以下のとおりです。これまでの振動セミナー履修者など、多くの方々の参加を期待します。

### 振動技術懇談会 開催要領

1. 開催頻度 3ヶ月に1回（約3時間）程度。第1回は10月中旬。
2. 参加資格 研究協力会加盟の各社員（人数不問）あらかじめ登録ください。
3. 開催幹事 各社回り持ち、第1回はセンターが幹事  
プログラムの作成、センター、会員に通知  
一般への通知はセンターのメルマガで配信
4. 話題提供 各社の事例1～2件、センターからの事例1件
5. センター担当者 古池治孝氏（客員教授）他
6. 連絡先 岡山大学産学官融合センター・事務室 担当：山口  
Tel: 086-286-8002 Fax: 086-286-8007  
e-mail: center@crc.okayama-u.ac.jp